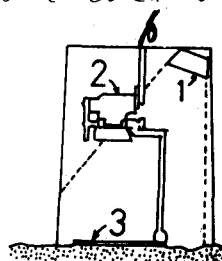


写真撮影法による蛍光砂調査に関する研究

日本電炉 正員 ○ 藤原 伸也
鳥取大学 正員 野田 英明

1. はじめに 現地海岸において蛍光砂をトレーサーとして漂砂の移動方向や漂砂量を調査する方法がしばしば用いられてきた。しかしながら、この方法には熟練した潜水夫が要ること、多くの人手を要すること、調査後の資料解析に多大の労力と長時間を要することなどの欠点があり、さらに分析結果を定量的に利用することが困難といった問題があり、改良すべき点が多々あった。この研究は海底面を写真撮影することによって採砂に要する労力と時間を大幅に減らすとともに、カラー・フィルム面に撮影された蛍光砂の読取りをマイクロコンピュータを用いて半自動化することによって作業能率をよくし、結果を定量的に評価できるようにしようとするものである。

2. 写真撮影法の概要と測定精度 図-1は海底表面に存在する蛍光砂の撮影装置を示すものであつて、この装置の主要部は水中カメラ、紫外線ランプおよび自然光を遮断するための隔壁からなっている。これによって海底表面の蛍光砂に関する情報は記録できるようになっているが、海底面下に潜り込んだ蛍光砂については何の情報もえられない。この欠点は後述する方法によって補われる。図-2は普通砂と蛍光砂を一定の割合でよく混合した砂（濃度は既知）を用いてその表面を撮影したフィルムから読み取った蛍光砂の測定濃度と真濃度とを比較したものであつて、濃度が10%の場合を除いて、この方法でもほぼ満足すべき精度で濃度を測定できることがわかる。



1 紫外線ランプ
2 水中カメラ
3 ガラス面

図-1 撮影装置

3. 波・流れによる蛍光砂の拡散理論 フィルム面上の蛍光砂数を全砂粒数で除した値を蛍光砂濃度 C とすれば、波や流れによって蛍光砂が移流拡散する現象は

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \alpha C \quad (1)$$

によって表わされる。ここに、 t : 時間、 x : 海底面に沿ってとった水平距離、 U : 移流速度、 E : 拡散係数、 α : 蛍光砂減少係数、である。式(1)右辺第2項は海底表面上に存在する蛍光砂が底面下に潜り込む場合、その表面からの減少量が濃度に比例すると仮定したことを示している。

そこで減少係数 α と潜行する最大深さとの関係がわかれば、表面濃度を測定するだけで、潜行深さに関する情報もえられることになる。

式(1)の解は、初期条件、 $t=0$ で $C=C_0$ ($-l \leq x \leq l$), $C=0$ ($x > l, x < -l$), (C_0 : 蛍光砂投入点初期濃度、 l : 蛍光砂投入幅の1/2)に対して、

$$\frac{C}{C_0} = \exp(-\alpha t) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{Z_2}^{Z_1} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy \quad (2)$$

をうる。ここに、

$$Z_1 = (x - Ut + l) / \sqrt{2Et}, \quad Z_2 = (x - Ut - l) / \sqrt{2Et} \quad \dots (3)$$

4. 実験結果と理論解との比較 実験は2次元波動水槽の一定水深部($h=0.35\text{m}$)に一様な厚さで砂を敷並べて移動床とし、汀線に直角方向(x 方向)の砂移動による蛍光砂の拡散状況を調べる

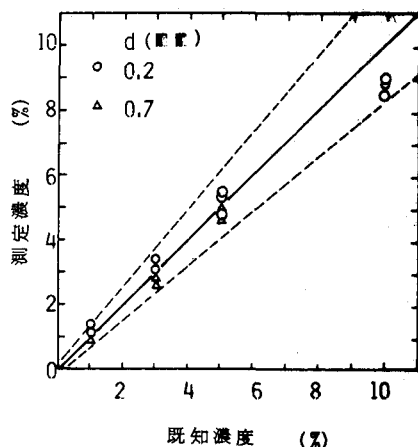


図-2 測定濃度の精度

表-1 蛍光砂読取数

	t(sec)					
x(m)	180	360	600	1200	1800	
1.0	0	1	3	2	7	
0.6	0	13	24	5	16	
0.3	358	273	221	96	72	
0.0	1011	626	644	481	295	
-0.3	315	285	165	41	40	
-0.6	291	48	12	23	13	
-1.0	1	1	65	5	11	
$\bar{x}(m)$	-0.0820	-0.020	-0.034	0.004	0.016	
$\sigma^2(m^2)$	0.0770	0.059	0.101	0.045	0.085	
P	1976	1247	1134	653	454	

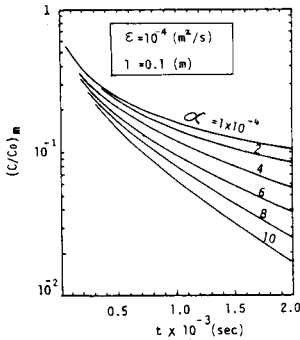


図-5 $(C/C_0)_m$ の α による相違

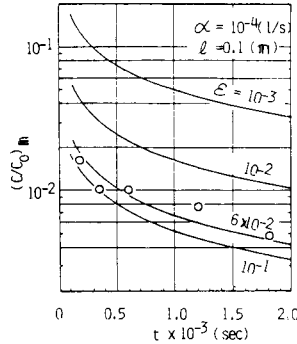


図-6 $(C/C_0)_m$ の E による相違

方法で行った。なお蛍光砂の砂面中央部において $l = 0.1m$ となる

ように投入した。実験に用いた波浪条件は周期 $T = 1.26sec$, —

定水深部 $h = 0.35m$ における波高 $H = 8.6cm$, 使用した底質は標準砂であつて, $d = 0.2mm$ である。表-1は各

測定点, 測定時間における蛍光砂個数を示すものであつて, フィルム面上の全砂粒数 62500 で割れば濃度 C が

えられる。なお, この表中には各測定時間ごとの全蛍光砂数 P , 分布の平均位置 $\bar{x}$, 分散 σ^2 が示されている。

図-3は $\bar{x}$, σ^2 および P の時間変化を示すものであつて, 式(2)における U , E および α がそれぞれ $\bar{x}$, σ^2 およ

び P の時間的変化と密接な関係にあると考えられる。これらの図から $\bar{x}$ は 0 の周辺にあり, $U \approx 0$, σ^2 は時間

も $> 600sec$ でほぼ一定となり, 時間的に変化しないこと, P は片対数紙上で直線的に減少すること; すなわち

$P \sim \exp(-\alpha t)$ が想定される。図-4は, 図-3における P の勾配から $\alpha = 8.0 \times 10^{-4}$, $U = 0$, $t < 600sec$

で σ^2 は直線的に 0.1 まで増大するとして $E = 1.7 \times 10^{-4}$ とし, これらの係数を式(2)に代入して算定した濃度

C/C_0 の理論値(実線)と実験値(○, ●, △印)を比較したものである。この図から分布の形状は両者で比較的

類似しているが, C/C_0 の最大値 $(C/C_0)_m$ はかなり相違することがわかる。ある時間 t における濃度分布の最大値

は式(2)を x で微分した値がゼロ, すなわち $\partial(C/C_0)/\partial x = 0$ から求められる。

$$\left(\frac{C}{C_0}\right)_m = 2 \cdot \exp(-\alpha t) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_*} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy, \quad z_* = \frac{l}{\sqrt{2Et}} \quad (4)$$

図-5は, $E = 10^{-4} (m^2/s)$, $l = 0.1m$ と一定にして, α の値をパラメータとして $(C/C_0)_m$ と t の関係を示

したものであつて, α の値が大きくなるほど $(C/C_0)_m$ の勾配は大きくなることわかる。一方, 図-6は α の値

を $10^{-4} s^{-1}$ と固定し, E の値をパラメータとして同様の関係を示したものである。 E の値が大きくなると,

$(C/C_0)_m$ の値は相対的に小さくなることわかる。なお図中の○印は実験値を示すものであつて, これに最適の

解(式(4))になる, 各パラメータの値は $\alpha = 10^{-4} s^{-1}$, $E = 6 \times 10^{-2} m^2/s$ であつて, この場合, 図-3から

求めた値とはかなり異なることわかる。最後に, この研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを

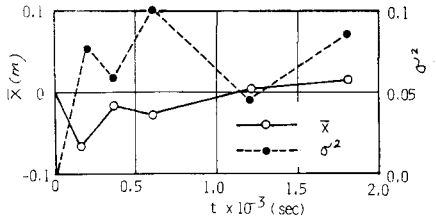


図-3 $\bar{x}$, σ^2 , P の時間的変化

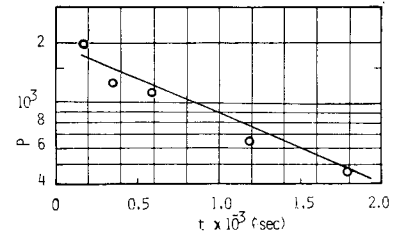


図-4 濃度分布の理論値との比較

